Ueber künstliche

Parthenogenesis des Seeigeleies.

(Aus dem Zoologischen Institut zu München.)

Von

Alexander Wassilieff (aus Kieff, Russland).

ACAD. MED. RAT. BIBL.

Sonderabdruck aus dem „Biologischen Centralblatt".

Band XXII. Nr. 24, ausgegeben am 15. Dezember 1902.

LEIPZIG.

Verlag von Georg Thieme.

1902.

Sonderabdruck aus dem „Biologischen Centralblatt“.
Bd. XXII. Nr. 24. 15. Dezember 1902.

Ueber künstliche Parthenogenesis des Seeigeleies.

(Aus dem Zoologischen Institut zu München.)

Von **Alexander Wassilieff** (aus Kieff, Russland).

Die Teilungserscheinungen in unbefruchteten Eiern unter dem Einflusse äußerer Agentien sind erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit be-

kannt geworden. Die Versuche von Richard Hertwig waren die ersten in dieser Richtung. Er zeigte, dass in unbefruchteten Seeigeleiern bei Einwirkung von Strychninlösung Teilungserscheinungen am Kern auftreten, welche zu einer Halbspindel, in einzelnen Fällen auch zu einer Ganzspindel, doch ohne Bildung echter Centrosomen führten. Einen wichtigen Schritt in der Erkenntnis der Entwicklungsfähigkeit unbefruchteter Seeigeleier weiter kam Loeb, von dem der Namen „künstliche Parthenogenesis" stammt. Er behandelte unbefruchtete Eier zwei Stunden lang mit $^{20}/_{8}$ nMgCl$_2$-Lösung und erzielte hierdurch eine bis zum Pluteus-Stadium führende Entwicklung. Die Forschungsergebnisse dieses Gelehrten erstrecken sich hauptsächlich auf die Lösung der Frage der Befruchtung vom physikalisch-chemischen Standpunkte aus; er erblickt das Wesen der Befruchtung in der Einführung von „Jonen" in das Ei, welche ihm zu seiner Entwicklung nötig sind, unter gewöhnlichen Bedingungen aber ohne die Befruchtung fehlen; die histologische Seite der Frage dagegen berührt er gar nicht. Außerdem sind noch zu erwähnen die Versuche Morgan's, die zwar mit der Beobachtung histologischer Erscheinungen verknüpft sind, aber vielfach in unvollkommener Weise. Nach dem Rate meines verehrten Lehrers Prof. R. Hertwig entschloss ich mich, die Loeb'schen Experimente nachzumachen in der Absicht, die bei ihnen vorkommenden histologischen Vorgänge genau zu untersuchen. Ich beschränkte mich aber nicht auf die Chlormagnesiumlösung, sondern wandte auch andere Agentien an, zunächst das von R. Hertwig benutzte Strychnin. Von neuen Agentien prüfte ich Nikotin, Hyoscyamin und Ergotin. Diese Versuche wurden teils in München im Laboratorium des Prof. R. Hertwig im Laufe des Monats Mai 1901, teils auf der Russischen Zoologischen Station Villefranche sur Mer im Nov. 1901 angestellt. Die genauere Untersuchung des gesammelten Materials wurde in München ausgeführt. — Als Objekte der Untersuchung dienten mir die Eier von *Strongylocentrotus lividus*. Was die Versuche mit der von Loeb benutzten Lösung betrifft, so gelangen sie mir nur teilweise — die Eier teilten sich und gelangten bis zum Gastrula-Stadium. Plutei habe ich nie bekommen, weder in München noch in Villefranche am Meerufer. Boveri, der dieselben Versuche in Villefranche ausführte, spricht ebenfalls von solchen negativen Resultaten[1]). Es ist schwer zu sagen, woher das kommt: in München vielleicht von ungenügender Frische der Seeigel, welche eine dreitägige Fahrt von Rovigno durchzumachen hatten, die ungünstigen Resultate in Villefranche dürften am wahrscheinlichsten zurückzuführen sein auf die niedere Temperatur des Wassers zur Jahreszeit der Untersuchung (November). Bei der Behandlung der Eier 'mit Strychnin, Nikotin und Hyoscyamin

1) Boveri, Zellenstudien, Heft 4, S. 9.

werden Teilungen ausgelöst, hierbei vollzieht sich die erste Teilung regelmäßig, die folgenden tragen einen mehr pathologischen Charakter. Nur dem Ergotin gegenüber verhielten sich die Eier indifferent, wenigstens gegenüber der Lösung, welche ich anwende — 2% Ergotin 10 ccm + 100 ccm Wasser. Eine konzentriertere Lösung konnte ich nicht erproben infolge Mangels an dem nötigen Ergotin. Die übrigen Gifte besaßen folgende Konzentration: Strychnin — 0,1%, Nikotin 1 Tropfen auf 100 ccm Wasser, Hyoscyamin 0,25% — ein Teil, Wasser drei Teile. Die Einwirkung all dieser Reagentien dauerte zwei Stunden; dann wurde die Flüssigkeit abgegossen und durch reines Seewasser ersetzt, das zuvor durch Erwärmung sterilisiert und allmählich abgekühlt worden war; das Wasser wurde beim Auswaschen der Lösungen 2—3 mal gewechselt. Die Eier wurden in kurzen Zwischenräumen von 15—20 Minuten abgetötet und zwar in 3% Sublimatlösung, welche 1% Essigsäure enthielt. Zur Untersuchung dienten Schnittserien von 3 μ Dicke, die Schnitte wurden mit Eisen-Haematoxylin nach Heidenhain mit schwacher Vorfärbung in Bordeaux-Rot gefärbt. Diese Färbung giebt die besten Resultate, während Borax-Karmin, Haematoxylin nach Delafield und andere Farbstoffe keine so deutlichen Bilder geben.

Zu der Zeit, als ich mit meinen Untersuchungen schon ziemlich weit fortgeschritten war, erschien die Arbeit von E. Wilson[1]), in welcher die histologische Seite künstlicher Parthenogenesis überaus eingehend gewürdigt worden ist. Wilson beschränkt sich bei seinen Untersuchungen über künstliche Parthenogenese auf die Anwendung von Magnesiumchlorid; er fand, dass stets Centrosomen gebildet werden, dieselben lässt er völlig neu im Protoplasma entstehen. Einen Beweis für den protoplasmatischen Ursprung des Centrosoma erblickt er darin, dass es auch in kernlosen Eifragmenten auftritt.

Bei Behandlung der Eier mit Strychnin und Nikotin ergiebt sich ein ganz anderes Teilungsbild, als es Wilson beschrieben und auch ich bei Verwendung der Loeb'schen Lösung erhalten habe. Bei der Behandlung mit Nikotin vollzieht sich die Teilung gänzlich ohne Mitwirkung von Centrosomen oder irgend eines centrosomaähnlichen Gebildes. Bei Behandlung mit Strychnin bildet sich zwar ein centrosomenähnliches Gebilde aus, aber auf späteren Teilungsstadien und zwar aus Kernmaterial hervorgehend. Ich erlaube mir, jetzt eine Beschreibung der Umbildungen des Kernes unter der Einwirkung der genannten Reagentien zu geben und werde erst später auf eine Vergleichung und allgemeine Beurteilung der Befunde zurückkommen. Ich beginne mit den durch Nikotin erhaltenen Resultaten.

Wie ich bereits erwähnte, blieben die Eier in Nikotinlösung zwei Stunden lang; im Verlaufe dieser Zeit bemerkt man keinerlei Ver-

1) E. Wilson. Experimental Studies in Cytologie, I. Archiv für Entwicklungsmech. XII. Bd., 4. Heft, 1901.

änderungen am Ei; erst nach einigem Aufenthalt in reinem Seewasser sind Veränderungen schon an lebenden Eiern bemerkbar: zuerst nämlich verschwinden die Umrisse des Kernes, dann erscheint Protoplasmastrahlung.

Das volle Bild der Umwandlungen des Kernes kann man nur an Schnitten beobachten. Diese Umwandlungen beginnen damit, dass der Kern seine Membran verliert, sie löst sich wahrscheinlich auf. Wenn man von der Membran spricht, so drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob dieselbe nicht in den Eiern der Seeigel ebenfalls als eine Verdichtung des achromatischen Kernnetzes anzusehen ist, wie das R. Hertwig bei Actionosphaerium annimmt. Ich bin geneigt, diese Frage zu bejahen.

Nach Auflösung der Kernmembran kann man Protoplasma und Kernmaterial nur noch nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit unterscheiden; man bemerkt einen kleinen Nucleolus und 2—3 schon gebildete Chromosomen (Fig. 1)[1]). Mit der weiteren Bildung der Chromosomen legen sich letztere ohne jegliche Ordnung zusammen, manchmal in mehr geschlossener Masse auf etwas körnigem Felde (Fig. 2); dieses Feld ist nach R. Hertwig's[2]) Ansicht nichts anderes als das Liningerüst des Kernes, während der Kernsaft in das Protoplasma ausgestoßen ist. Sodann beginnen zwischen den Chromosomen die Fasern der zukünftigen Spindel sich zu zeigen; die Fasern zeigen bei ihrem ersten Auftreten eine wirre Anordnung (Fig. 3); es entstehen ähnliche Bilder, wie sie nach der Beschreibung der Botaniker bei der Spindelbildung von Equisetum (W. J. W. Osterhaut)[3]) und in den Pollenmutterzellen einiger dikotylen und monokotylen Pflanzen (D. Mottier)[3]) entstehen. Allmählich nehmen diese ordnungslos durcheinander gehenden Fasern eine bestimmte Anordnung an — sie laufen einander parallel und bilden eine tonnenförmige Spindel; die Chromosomen sind auf dem Aequator in der Form rundlicher Körner gelagert (Fig. 4). Es ergiebt sich eine Spindel, die an die Richtungsspindel bei *Ascaris megalocephala* erinnert (Boveri, Zellenstudien, Heft 1, Tafel 1, Fig. 12*b* und andere).

Die Fig. 4 ist noch darum bemerkenswert, dass man an ihr erkennen kann, dass die Spindelfasern ohne Unterbrechung von Pol zu

---

1) Die Fig. 1—8 stellen die Kerne nach Nikotinbehandlung, Fig. 9—13 nach Strychnin, und Fig. 14—19 nach $MgCl_2$-Behandlung dar. Alle Abbildungen wurden mit Abbé'schem Zeichenapparat gemacht, bei der Vergrößerung Zeiss'sche Apochr. Oel-Immers. 1,5 und Comp. occ. 8, nur Fig. 8, 9 und 19 mit Comp. occ. 12.

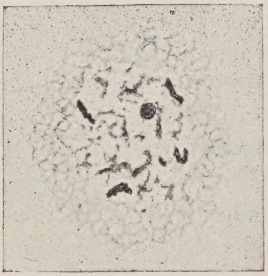
2) R. Hertwig. Ueber die Entwickl. des unbefr. Seeigeleies. Festschr. f. Gegenbaur. II. Bd., 1896.

3) Cytologische Studien aus dem Bonner Botan. Institut von E. Strasburger, 1897.

Pol verlaufen. Später schließen diese Fasern, indem sie konvergierende Richtung zueinander einnehmen, mit ihren Enden zusammen, so dass eine typische Spindel entsteht, sei es mit zugespitzten oder etwas abgestumpften Enden (Fig. 5 u. 6).

Sowohl bei der zugespitzten wie bei der tonnenförmigen Spindel zeigen sich an den Polen Verdickungen, welche aus den verschmolzenen Enden der Spindelfasern bestehen. Bei der etwas abgestumpften Spindel nimmt diese Verdickung die Gestalt einer Polplatte an. — Alle Umbildungen des Kernes, welche wir bisher beschrieben haben, voll-

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



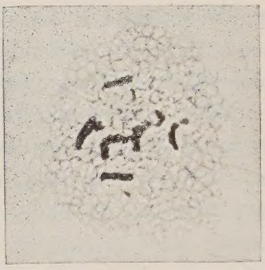


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

ziehen sich ohne Mitwirkung des Protoplasma, die Spindel liegt wie ein Fremdkörper im Protoplasma, und nur mit der Teilung der Chromosomen und der Verlagerung der Tochterchromosomen nach den Polen hin nimmt das Protoplasma allmählich Anteil an den Prozessen: es entstehen Polstrahlungen, als deren Ausgangspunkt die Vereinigung der Enden der Spindelfasern erscheint (Fig. 7). Die Strahlungen wachsen und erreichen ihre höchste Intensität, wenn die Chromosomen an den Polen angelangt sind. Hier nehmen die Chromosomen Flüssigkeit auf und verschmelzen untereinander zur Bildung von Tochterkernen (Fig. 8). Wie ich schon sagte, sind zuerst die verschmolzenen Enden der Spindelfasern, dann die aufgequollenen Chromosomen und

endlich die Tochterkerne die Centren der protoplasmatischen Strahlung, aber niemals ist ein Centrosoma oder ein centrosomaähnliches Gebilde zu beobachten. Von anderen Beobachtungen, die ähnliche Spindeln beschreiben, sind noch außer den schon erwähnten Beobachtungen Boveri's, anzuführen die Bilder, welche Carnoy[1]) und Sala[2]) für

Fig. 7.

Fig. 8.

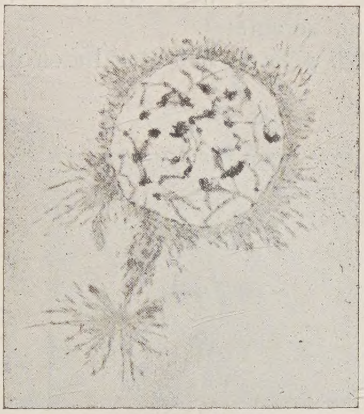


Fig. 9.

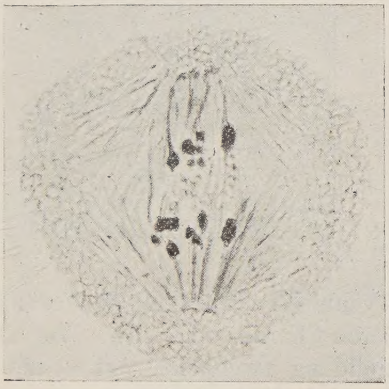


Fig. 10.

Ascaris megalocephala bei der Richtungskörperbildung geben, ersteres unter normalen Verhältnissen, letzteres unter Einwirkung von Kälte. Außerdem sind bei den Pflanzen solche Spindelbildungen eine gewöhnliche Erscheinung (Strassburger und Mottier)[3]).

1) Carnoy. La Cytodiérese de l'oeuf, 1886.

2) Sala. Experim. Untersuch. über die Reifung und Befrucht. der Eier bei *Ascaris meg.* 1893.

3) The Cell v. Wilson. S. 266—268.

Damit schließe ich die Beschreibung der Veränderungen an den Eiern der Seeigel unter dem Einfluss der Nikotinlösung und zähle in Kürze deren Hauptmomente auf: Der Kern des Eies erhält unter dem Einfluss des durch das Gift bedingten Reizes den Trieb, eine Spindel zu bilden; alle Erscheinungen, welche die Spindelbildung begleiten bis zum Auseinandergehen der Chromosomen nach den Polen hin, vollziehen sich durch den Kern automatisch, ohne Mitwirkung des Protoplasma; dieses wird erst spät von dem Kernmaterial zur Strahlenbildung veranlasst.

Ich gehe zu den Resultaten der Strychninbehandlung über.

Fig. 11.

Fig. 12.

Bei der Einwirkung von Strychninlösung tragen die Veränderungserscheinungen einen komplizierteren Charakter an sich. Vor allem beobachten wir hier eine Spindelbildung zweifacher Art — die Spindel bildet sich ganz nach dem Typus der Nikotineier (der Kürze halber nenne ich die Eier, welche in Nikotinlösung waren — Nikotineier, ebenso Strychnineier, $MgCl_2$-Eier), d. h. die Membran des Kerns löst sich auf, das achromatische Netz wandelt sich in Fasern um; diese, anfänglich ordnungslos, nehmen allmählich eine bestimmte Anordnung an und bilden eine Spindel ohne jede Strahlungserscheinungen an den Polen; letztere treten nur in der Folge bei dem Auseinandergehen der Chromosomen auf (Fig. 9). Aehnliche Bilder hat schon R. Hertwig beschrieben, nur mit dem Unterschiede, dass in der Regel die Tochter-

kerne sich nicht bildeten und alles auf eine regressive Metamorphose der Spindel abzielte; nur in seltenen Fällen erhielt er Tochterkerne und die erste Furchung. In der von mir soeben geschilderten Weise entsteht die Spindel in den Eiern, welche schon nach 1—2 Stunden Aufenthaltes in reinem Seewasser Teilungserscheinungen aufweisen. Nicht auf gleiche Art verläuft der Prozess in dem Falle, wenn die Eier erst nach 3—4 Stunden Aufenthaltes in reinem Seewasser eine Spindel zu bilden beginnen. Damit kommen wir zum zweiten Typus der Spindelbildung.

Fig. 13.

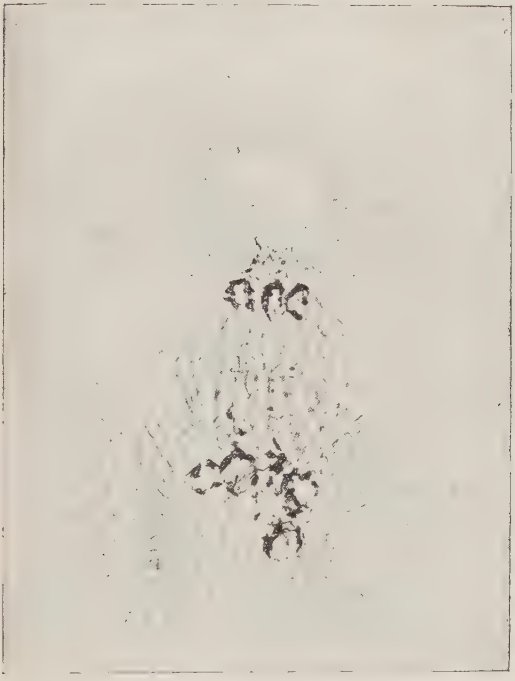


Fig. 14.

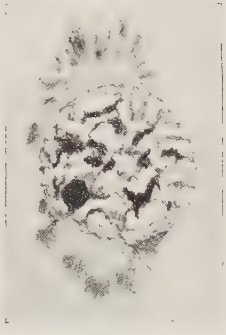
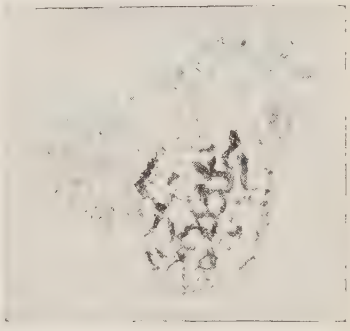


Fig 15.



In diesem Fall bildet sich die Spindel auf folgende Weise: im ersten Anfang des Prozesses kann man noch das achromatische Netzwerk des Kerns deutlich unterscheiden, dessen Maschen sich allmählich in die Fasern der Spindel ausziehen. Gleichzeitig verdickt sich das Netzwerk an der Oberfläche membranartig, an manchen Stellen stärker als an den anderen. Die besonders verdickten Stellen wirken wie Spindelpole, insofern von ihnen aus die Spindelfasern in das Kerninnere ausstrahlen; sind sie in Zweizahl vorhanden, so entsteht eine normale Spindel; sind mehrere vorhanden, so bildet sich eine mehr-

polige Spindel. Auf diese Weise erhält man einen vom Protoplasma scharf abgegrenzten Kern, in dessen Innern sich die Spindelbildung vollzieht (Fig. 10). Sodann verschwindet die scharfe Abgrenzung vom Protoplasma, und die Spindel erscheint frei gelagert im Protoplasma (Fig. 11), wobei die Spindelenden ungewöhnlich breite Polplatten darstellen.

Was das Chromatin betrifft, so nimmt es bereits die Gestalt der Chromosomen an, obwohl man stets auf dem Aequator ziemlich beträchtliche Anhäufungen von Chromatin, in Gestalt einer etwas vakuolisierten kompakten Masse beobachten kann — das ist wahrscheinlich Chromatin, welches noch nicht in Chromosomen individualisiert ist.

Fig. 16.

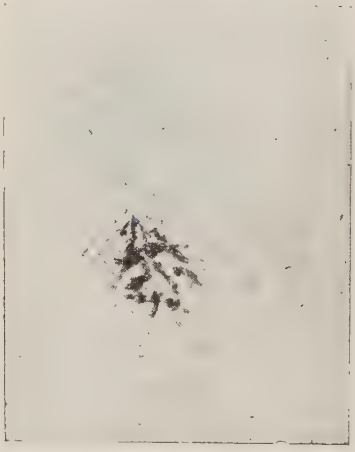
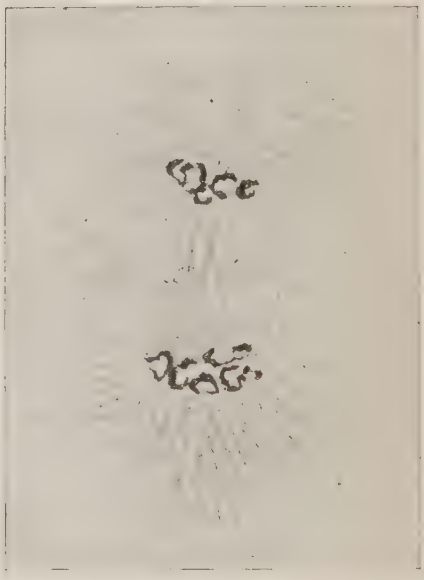


Fig. 17.



Auf diesem Stadium ist keine protoplasmatische Strahlung wahrzunehmen, sie zeigt sich erst in der Folge und entsteht auf folgende Art.

Wie ich eben erwähnte, bilden sich die Spindelfasern aus dem achromatischen Netzwerk; dieses Netzwerk bewahrt zum Teil seine Struktur in der Nähe der Pole (Fig. 11) und beginnt später, wahrscheinlich infolge von Einsaugen von Flüssigkeit (aus dem Protoplasma?) zu wachsen (Fig. 12); zu dieser Zeit tritt zum erstenmal die protoplasmatische Strahlung auf. Wenn dann die Chromosomen bei ihrer Annäherung an die Pole aufquellen, so beobachtet man ein eigentümliches Bild (Fig. 13). Eine Spindel mit centrosomenähnlichen Anschwellungen an den Polen.

Diese centrosomenartigen Bildungen haben kugelförmige Gestalt, mit netzförmiger Struktur im Innern; ihre Membran, oder besser gesagt, ihre Abgrenzung vom Protoplasma, wird teils durch Verdichtung des erwähnten Netzwerkes, teils durch Verdichtung des Protoplasma selbst gebildet. Die protoplasmatische Strahlung verteilt sich rings um die ganze Oberfläche dieser Bildung vollkommen regelmäßig, ohne dass irgend ein bestimmter Punkt vorhanden wäre, nach dem sie stärker konzentriert wäre.

Und so kann man schon bei dieser kurzen Beschreibung der Veränderungen, die sich in den Eiern unter dem Einfluss der Strychninlösung vollziehen, einen gewissen Fortschritt in der Spindelbildung wahrnehmen. Offenbar besitzt das Strychnin eine stärkere, anregende Wirkung, und veranlasst daher Eier, welche eine geringere Widerstandskraft besitzen und daher rascher von dem Reagenz beeinflusst werden, in verhältnismäßig kurzer Zeit ihren Kern in eine Spindel nach dem Nikotintypus umzubilden. Widerstandsfähigere Eier dagegen werden langsamer zur Entwicklung angeregt, dafür wird die Entwicklung vervollkommnet, indem die Spindeln in den Endstadien der Karyokinese centrosomaähnliche Körper erzeugen, welche aus dem achromatischen Teile des Kerns hervorgehen.

Ein Schritt weiter in der Vervollkommnung des Teilungsapparates wird durch die Magnesiumlösung erzielt, indem es auf früheren Stadien der Teilung zur Bildung echter Centrosomen kommt. Ich gehe zur Schilderung ihrer Entstehungsweise über.

Vor allem muss ich sagen, dass die Bildung des Centrosoma, wie ich sie an meinen Präparaten beobachtete, sich anders vollzieht, als Wilson sie beschreibt. Das erste Auftreten des Centrosoma stellt sich nach Wilson folgendermaßen dar: „The centrosome can first be certainly distinguished as a minute granule lying on the nuclear membrane in the perinuclear zone“ (S. 568). Mir gelang es nicht, ein solches Auftreten des Centrosomen in der Form „eines kleinen Körnchens“ zu sehen; ich sah folgendes Bild. Vor allem bemerkt man rings um den Kern eine besondere Struktur des Protoplasmas, dasselbe ist körnchenreich, färbt sich intensiver als die Umgebung und unterscheidet sich so in ganz auffallender Weise von dem übrigen Protoplasma; die dunklere Zone liegt manchmal rings um den Kern herum, manchmal nur an einem, zwei oder drei Punkten; sodann erscheint mitten in diesem perinukleären Protoplasma auf der Kernmembran ein homogenes Feld (Fig. 14), um welches der körnige Teil des Protoplasma sich radial anordnet, so dass eine schwach angedeutete Strahlung entsteht; aus ihr entwickelt sich später jene Strahlung, welche rings um die schon gebildeten Centrosomen herum wahrzunehmen ist. Allmählich nimmt dieses homogene Feld, das so auffällig an das Bild Fig. 1 Taf. IV bei *Actinosphaerium* (R. Hertwig) erinnert, bei seiner weiteren

Entwicklung eine mehr bestimmte, abgerundete Form an, es wird etwas körnig, die Strahlen des Protoplasmas, welche es umgehen, werden feiner; gleichzeitig löst sich die Kernmembran auf und die Verbindung des Kerns mit diesem Feld, das schon die Gestalt des Centrosoma angenommen hat, wird deutlich bemerkbar — auf Fig. 15 sind auf der einen Seite schon drei Spindelfasern zu sehen, welche vom Kern aus in das Centrosoma hineingehen. Die Zahl der Centrosomen, welche in dieser Weise an einem Kerne entstehen können, ist eine wechselnde. Auf Fig. 16 ist ein Kern mit drei Centrosomen dargestellt, aus welchen sich in der Folge eine dreipolige Spindel entwickelt haben würde, aber auch an ihm ist die Struktur der Centrosomen vortrefflich zu sehen,

Fig. 18

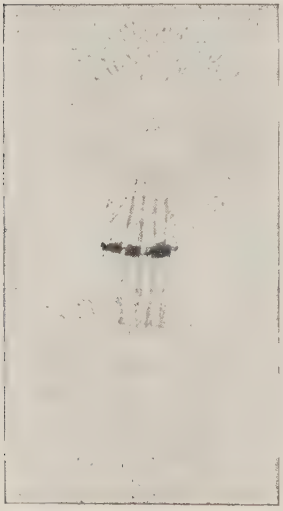


Fig. 19.

wie an einer zweipoligen Spindel oder auch an einer einpoligen (Fig. 18 und 19).

Wie aus den zwei letzten Figuren zu ersehen ist, stellt sich das Centrosoma deutlich als ein spongiöser Körper dar, um ihn herum befindet sich eine hellere Zone wahrscheinlich infolge der Anhäufung von Flüssigkeit zwischen den Strahlen; gegen die Peripherie zu liegt die typische protoplasmatische Strahlung. Auf Fig. 19 sind außer der Strahlung dicke Fasern einer Halbspindel zu ersehen, und an ihren Enden Chromosomen — ein Bild, welches ganz der Strychninhalbspindel R. Hertwig's entspricht, nur mit dem Unterschiede, dass im vorliegenden Fall noch ein Centrosoma vorhanden ist.

Ich halte es für wichtig, hier auf den Unterschied in der Entstehungszeit des centrosomaähnlichen Gebildes bei Anwendung von Strychnin und der Entstehungszeit des echten Centrosoma bei Anwen-

dung von $MgCl_2$ hinzuweisen. Im ersten Falle entsteht dieses Gebilde gegen das Ende des Prozesses, wenn die Spindel schon fertig ist, wenn es durchaus nicht mehr als eine die Teilung des Kernes bestimmende Bildung dienen kann; während beim $MgCl_2$ zuerst sich das Centrosoma bildet und dann der Kern sich in eine Spindel umwandelt, so dass in diesem Falle die Centrosomen Centren sind, welche die Teilung des Kernes bestimmen. Für sie ist daher die Aeußerung Boveri's[1]), „Der Kern teilt sich nicht, sondern er wird geteilt", in vollem Maße anwendbar.

Wollen wir etwas verweilen bei der Entwicklung dieses Centrosoma. Vor allem halte ich das Centrosoma für ein Produkt des Zusammenwirkens von Kern und Protoplasma, mit anderen Worten, der Kern sondert in das Protoplasma eine gewisse Substanz ab, welche zur Bildung eines Centrums im Protoplasma Veranlassung giebt, und um dieses letztere herum lagert sich die protoplasmatische Strahlung ab. Die Erscheinung des homogenen Feldes auf der Kernmembran ist der Anfang dieses Zusammenwirkens von Protoplasma und Kern; die weitere Entwicklung dieses Feldes führt zur Verdichtung desselben, hierbei ergiebt sich schließlich entweder eine lockere spongiöse Masse wie in unserem Falle, oder auch ein dichtes, scharf umschriebenes Körperchen (Centriole) wie in anderen Fällen.

Die Erscheinung der protoplasmatischen Strahlung, welche nach R. Hertwig[2]) als Kontraktion des netzförmig angeordneten Fadenwerkes des Protoplasmas auftritt, ist die direkte Folge der Verdichtung des Centrosoma, das letztere ruft durch seine Verdichtung diese Kontraktion hervor.

In der Umbildung des Centrosoma in eine dichtere Masse sehe ich eine vollkommene Analogie zur Bildung des Centrosoma bei *Actinosphaerium*, während Wilson diese Erscheinungen gerade entgegengesetzt schildert — aus dem kompakten Körnchen, welches auf der Oberfläche des Kernes liegt, wird das spongiöse Centrosoma gebildet. Aber woher kommen diese sich stark färbenden dichten Granula? Aus dem Protoplasma oder aus dem Kern? Nach den Untersuchungen Wilson's aus dem Protoplasma. Da sie sich aber zuerst auf der Kernmembran zeigen, ist eine Entstehung vom Kern aus sehr wohl denkbar. Zu meinem Bedauern gelang es mir nicht, auch nur ein einziges Mal ein solches Centrosoma zu beobachten, selbst nicht an stark gefärbten Präparaten. — Nun hat aber Wilson in Bestätigung eines zuerst von Morgan angestellten Experimentes bewiesen, dass auch in kernlosen Stücken zertrümmerter Eier Centrosomen gebildet werden. Ich finde darin keinen Beweis, dass das Centrosoma aus dem

1) Boveri. Zellenstudien. Heft 4, 1901.

2) R. Hertwig. *Actinosphaerium* u. s. w., S. 67.

Protoplasma ohne Beteiligung des Kernes entstehen kann. Denn wenn wir Eifragmente durch starkes Schütteln erhalten, so wird die Kernmembran wohl schwerlich unverletzt bleiben, und es wird ein Teil des Kerninhaltes in das Protoplasma übertreten; dieser dient wahrscheinlich dann in den Eifragmenten zur Bildung des Centrosoma. Auch in unverletzten Eiern fanden Wilson und Morgan Cytaster, Strahlungen im Protoplasma, die mit dem Kern nicht im Zusammenhang standen. Es ist aber hier denkbar, dass dieselben ursprünglich mit dem Kern zusammenhängen. Ich habe häufig einen solchen Zusammenhang feststellen können und verweise zur Erläuterung auf Fig. 17.

Hier bemerkt man rings um den Kern herum eine körnige, perinukleäre Zone. An einem Punkte setzt sich dieselbe fort in einen Strang, welcher Kern und Cytaster miteinander verbindet; ich glaube, dass dieser Strang den Weg bezeichnet, auf welchem Teile von Kernsubstanz in das Protoplasma übergetreten und an die Stelle geraten sind, wo der Cytaster sich bildete.

Wenn wir zum Schluss die Resultate der Teilungserscheinungen des Kerns, die wir bei der Behandlung der Eier mit verschiedenen Lösungen erhalten, betrachten und vergleichen, so können wir leicht eine allmähliche Vervollkommnung in der Entwicklungsweise der Spindel feststellen. Wollen wir ausgehen vom Nikotin.

Auf Fig. 8 ist eine Spindel dargestellt mit aufgequollenen Tochterchromosomen, die bereit sind, zu den Tochterkernen zu verschmelzen; die protoplasmatische Strahlung hat als Ausgangspunkt diese Chromosomen; es ist unmöglich, auch nur die geringste Spur eines Centrosoma zu unterscheiden; offenbar beginnt unter Einwirkung des Nikotins der Kern sich auf automatischem Wege zu teilen. Sein „Ovocentrum" nimmt keine individuelle Gestalt an; nachdem das achromatische Kernmaterial sich geteilt hat und in die Tochterkerne eingegangen ist, ruft es die beobachtete protoplasmatische Strahlung hervor. Die beschriebenen Erscheinungen entsprechen vollständig dem dritten Punkte der Aufstellungen R. Hertwigs[1]): „Wenn Centrosomen fehlen, teilen sich die Kerne automatisch, wobei die achromatische Substanz des Kerns ausreicht, um die Teilung zu vermitteln."

Bei der Einwirkung des Strychnin nimmt man einen Schritt nach vorwärts wahr — hier sehen wir schon an den Polen der Spindel centrosomaähnliche Gebilde mit protoplasmatischer Strahlung (Fig. 13). Aus der Spindelentwicklung schließen wir, dass diese Gebilde aus dem achromatischen Teile des Kerns hervorgehen. Wenn wir uns an das Bild erinnern, welches R. Hertwig in seiner Arbeit[2]) Fig. 32 giebt, so haben wir zweifellos mit dem nämlichen Gebilde zu thun, nur so

1) R. Hertwig, *Actinosphaerium*, S. 71.

2) R. Hertwig, Ueber die Entwicklung des unbefr. Seeigeleies. Fig. 32.

zu sagen, in etwas höherer Entwicklung, da es hier an den Polen gelagert ist und zur Teilung, aber nicht zur Rückbildung des Kerns führt. Ich halte diese Bildungen für individualisierte Ovocentren, welche ausschließlich aus dem achromatischen Teile des Kerns hervorgehen.

Außerdem entsprechen offenbar solche Spindeln, welche unter dem Einwirken des Nikotins und Strychnins beobachtet werden, der neuen Bezeichnung Boveri's[1]) „Nectrum", indem sie ausschließlich aus dem achromatischen Teile des Kernes gebildet sind.

Schließlich zeigt sich die Einwirkung des $MgCl_2$ auf das Ei als am allergünstigsten für die Spindelbildung, welche hier unter der Teilnahme echter Centrosomen vor sich geht (Fig. 18).

Die Entstehung des Centrosoma aus dem Zusammenwirken der Kernsubstanz und des Protoplasma erscheint mir klar. Noch sicherer ist es, dass das Centrosoma in den Eiern der Seeigel de novo gebildet wird.

Diese Vergleichung verschiedener Spindeln, die wir an einem und demselben Objekte nur unter dem Einwirken verschiedener Erreger der Kernteilung erhalten, führt auf den Gedanken, eine gewisse Gradation in der Kraft der Einwirkung dieser Erreger anzunehmen, und giebt auch die Möglichkeit, eine gewisse Genesis des Centrosoma festzustellen.

Thatsächlich erweist sich das Nikotin als allerschwächstes Reagenz: es veranlasst den Kern, sich automatisch zu teilen, indem es die Einwirkung des Ovocentrum herbeiführt; das Strychnin wirkt etwas stärker — außerdem bringt es das Ovocentrum zur Thätigkeitsentfaltung und veranlasst es, eine bestimmtere individualisierte Form anzunehmen, aber es vermag nicht die Bildung des Centrosoma herbeizuführen; $MgCl_2$ zeigt sich als überaus günstig in dieser Beziehung — unter seiner Einwirkung tritt ein Teil der Kernsubstanz in das Protoplasma aus und bildet sich so ein echtes Centrosoma.

Zum Schlusse einige Worte über den Unterschied der Wirkung der Gifte und $MgCl_2$; mir scheint, dass die Einwirkung der Gifte sich dadurch von der Einwirkung des $MgCl_2$ unterscheidet, dass die ersteren nur auf die Kerne wirken, als spezifische Kernerreger dienen; die Teilnahme des Protoplasma bei diesem Prozesse ist eine sekundäre Erscheinung und wird durch die Thätigkeit des durch das Gift erregten Kerns bedingt. Magnesiumchloridlösung wirkt dagegen in der Weise, dass ein gewisser Teil des Kerninhalts in das Protoplasma übertritt, mit diesem letzteren in Verbindung tritt und so das Centrosoma erzeugt. Das wird auch bestätigt durch die Beobachtung Morgan's[2]). „In the egg from Salt-solutions numerous radiate centers or astrosphaeres,

1) Boveri. Zellenstudien, 4. Heft, S. 182.

2) Morgan, 1900. Archiv für Entwicklungsmechanik, Bd. X, S. 504.

are formed, but in the eggs from the Strychnin solutions all the rays converge to the nucleus as a center."

In dieser kurzen Mitteilung habe ich nur einen kleinen Teil meiner Beobachtungen an Seeigeleiern, welche der Einwirkung der erwähnten Reagentien ausgesetzt wurden, mitgeteilt. Von den Hyoscyamineiern habe ich nicht gesprochen, da ich noch zu keinem definitiven Schlusse bezüglich derselben gelangt bin. Immerhin kann ich jetzt schon sagen, dass die Wirkung des Hyocyamin die Mitte zwischen Nikotin und Strychnin einnimmt. Eine genauere Beschreibung aller Erscheinungen werde ich in nächster Zeit zu geben versuchen.

Meinem hochverehrten Lehrer Prof. R. Hertwig bringe ich hier aufrichtigen Dank zum Ausdrucke für seine beständigen Ratschläge, die er mir im Laufe meiner Arbeit gegeben hat. Auch dem Assistenten Dr. Scheel, und nicht minder der Direktion der Russischen Zoologischen Station in Villefranche sur Mer, wo ich in die Lage versetzt wurde, einen Teil meiner Versuche auszuführen, bin ich zu hohem Danke verpflichtet. [61]

Figurenerklärung.

Fig. 1. Eikern, kurz nach der Beendigung der Nikotinbehandlung, Kernmembran aufgelöst.
Fig. 2. Weiteres Stadium; die Chromosomen sind fertiggestellt und liegen in einem etwas körnigen Felde.
Fig. 3. Kernnetz in Umbildung zu Spindelfasern.
Fig. 4. Tonnenförmige Spindel.
Fig. 5. Tonnenförmige Spindel in Umbildung zu einer zugespitzten Spindel.
Fig. 6. Zugespitzte Spindel mit Verdickungen an den Polen, welche aus verschmolzenen Spindelfasern bestehen.
Fig. 7. Erstes Auftreten der Strahlung.
Fig. 8. Spindel mit starker Strahlung, Chromosomen verwandeln sich in Bläschen.
Fig. 9. Spindel nach dem Nikotintypus bei Strychninbehandlung gebildet.
Fig. 10. Spindelbildung im Innern des Kernes, Kernmembran mit Verdickungen.
Fig. 11. Spindel frei im Protoplasma liegend.
Fig. 12. Bildung der centrosomaähnlichen Gebilde an den Spindelpolen.
Fig. 13. Spindel mit centrosomaähnlichem Gebilde und starke Strahlung um desselben herum.
Fig. 14. Kern mit homogenem Feld an der Kernmembran.
Fig. 15 und 16. Erste Stadien der Spindelbildung, Centrosomen fast fertiggestellt.
Fig. 17. Cytaster in Verbindung mit dem Kern.
Fig. 18. Spindel mit Centrosomen.
Fig. 19. Halbspindel mit Centrosoma.

K. b. Hof- u. Univ.-Buchdruckerei von Fr. Junge (Junge & Sohn), Erlangen.

Das

Biologische Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und **Dr. R. Hertwig**

Professoren in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen

hat den Zweck, die Fortschritte der biologischen Wissenschaften zusammenzufassen und den Vertretern der Einzelgebiete die Kenntnissnahme der Leistungen auf den Nachbargebieten zu ermöglichen. Ohne nach Vollständigkeit zu streben, welche ja doch nicht zu erreichen sein würde, sollen doch alle wichtigen und hervorragenden Forschungen, besonders aber diejenigen, welche ein allgemeineres Interesse haben, ausführlicher berücksichtigt werden. Zur Erreichung dieses Ziels enthält das Blatt:

1) Original-Mitteilungen, besonders Berichte über Forschungsresultate, welche ein allgemeineres Interesse über den Kreis der engeren Fachgenossenschaft hinaus beanspruchen können.

2) Referate, welche den Inhalt anderweitig veröffentlichter gelehrter Arbeiten in knapper, aber verständlicher Weise wiedergeben. Besonders auch Selbstanzeigen, in denen die Herren Gelehrten von ihren an anderen Stellen erschienenen Arbeiten, soweit sie in das Gebiet unsres Blattes gehören, sachlich gehaltene Auszüge liefern.

3) Zusammenfassende Übersichten. Während die Referate einzelne Arbeiten behandeln, wird über wichtigere Fortschritte der Wissenschaft in besondern, zusammenfassenden Übersichten Bericht erstattet, wo nötig unter Rücksichtnahme auf frühere Erscheinungen der Literatur, um so die dauernden Bereicherungen unsres Wissens, gesondert von der Spreu der nur vorübergehend geltenden Einzelbeobachtung, festzustellen und den Boden kennen zu lehren, auf welchen neue Bestrebungen mit Aussicht auf Erfolg sich stützen können.

4) Endlich füllen Besprechungen von Büchern, bibliographische Nachweise und kürzere Notizen die in den vorerwähnten Abschnitten gebliebenen Lücken so viel als möglich aus und ergänzen dieselben.

Ausser den Hauptfächern der biologischen Naturwissenschaften (Botanik, Zoologie, Anatomie und Physiologie) mit ihren Nebenfächern (Entwickelungsgeschichte, Paläontologie u. s. w.) finden auch die Ergebnisse andrer Wissenschaften Berücksichtigung, soweit sie ein biologisches Interesse haben, somit alles was im Stande ist, die wissenschaftliche Erkenntniss der Lebenserscheinungen zu fördern und zu vertiefen.

Das Centralblatt erscheint in Nummern von je 2 Bogen, von denen 24 einen Band bilden. In der Regel werden in jedem Monat 2 Nummern ausgegeben.

Preis des Bandes 20 Mark. Bestellungen nimmt sowohl die Verlagshandlung wie jede Buchhandlung oder Postanstalt entgegen.

K. b. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Fr. Junge (Junge & Sohn), Erlangen.